



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

---

**Diagnóstico y caracterización del sellamiento y encostramiento en Molisoles  
bajo sistemas de producción tradicional y agricultura agroecológica en el Valle  
del Cauca**

**Sandro Nolan Ipaz Cuastumal**

**Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Escuela de Postgrados  
Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias  
2011**

**Diagnóstico y caracterización del sellamiento y encostramiento en Molisoles  
bajo sistemas de producción tradicional y agricultura agroecológica en el Valle  
del Cauca**

**Sandro Nolan Ipaz Cuastumal**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Doctorado en Ciencias Agropecuarias**

Directores:

Doctor, Edgar Madero Morales

Doctor, Raúl Madriñán Molina

Línea de Investigación:

Evaluación y degradación de suelos

Grupos de Investigación:

Grupo de investigación en uso y manejo de suelos y aguas con énfasis en  
degradación de suelos.

Grupo de investigación en Indicadores Sencillos de Degradación de Suelos

Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Escuela de Postgrados  
Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias  
2011

A mis padres Cecilia de Ipaz y Leonel Ipaz, por haberme inculcado el gusto por la academia, a mis hermanos Milson, Claudia (quien siguió mis pasos y ahora se los sigo), al nene de la casa Leonid Ipaz, a lo más bello que tengo en esta vida, mis sobrinitos Claudita y Juanito Ipaz, que los quiero como si fuesen mis hijitos, y a Laura que llegó en el momento justo de mi vida. A ellos porque en todas las formas me han dado la fuerza, el entusiasmo y su apoyo moral, físico y económico para hacer realidad este sueño, mi doctorado. Y a mi amiga Sandra Viviana Cuellar quien desapareció y sigo esperando volverla a ver.

*"La preocupación por el hombre y su destino,  
siempre debe ser el interés primordial de todo esfuerzo técnico.  
Nunca olvides esto entre tus diagramas y ecuaciones"*  
*Albert Einstein*

*"Sean capaces siempre de sentir, en lo más hondo,  
cualquier injusticia realizada contra cualquiera,  
en cualquier parte del mundo"*  
*"Che"*

*"Y cuidado con lo que sueñas... porque se te puede hacer realidad."*

## **Agradecimientos**

A COLCIENCIAS y su Programa de Doctorados Nacionales por el financiamiento.

A la Universidad Publica la UNAL y UNIVALLE por su excelencia académica, de donde heredo el conocimiento y mis primeros pasos en la docencia y la investigación de los suelos.

A mi tutor el Dr. Edgar Madero, por su orientación y apoyo académico.

A mis profesores Oscar Chaparro, Juan Carlos Menjivar, Carmen Rosa Bonilla, Harold Tafur, Raúl Madriñán, Diosdao Baena, Estela Cantillo, Ildefonso Pla Sentis (UdL), Rosa Poch (UdL), Concepción Ramos (UdL), Jaume Porta (UdL), José Martínez Casanovas (UdL), Carles Balash (UdL).

A Roberto Martínez por abrirme las puertas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, donde encontré el complemento práctico, de mi pasión, el estudio de los suelos.

A mis tesisas Diana Fernanda Gutiérrez, Diana María Castilla, Diana Carolina viveros por nuestro premio “Francisco Silva Mojica, 2010” al cristalizar mi idea en física de suelos, Carlos Hoyos, Leonardo Castillo, Wilmer Mendieta y Alexander Toro, porque de ellos también he aprendido la pasión por los suelos.

A mi gran amigo Antonio José Gómez, por sus palabras de apoyo y su invaluable amistad.

1	INTRODUCCIÓN .....	11
2	ANÁLISIS MICROMORFOLÓGICO DE COSTRAS, PARA DEFINIR LOS PROCESOS QUE ORIGINAN Y LOS QUE SE DESARROLLAN DURANTE LA FORMACIÓN DE SELLOS Y COSTRAS EN TYPIC Y VERTIC HAPLUSTOLLS.12	
2.1	RESUMEN .....	12
2.2	INTRODUCCIÓN .....	13
2.3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
2.3.1	Localización .....	13
2.3.2	Suelos y manejos estudiados.....	13
2.3.3	Caracterización química de los suelos .....	14
2.3.4	Caracterización física y mineralógica de los suelos.....	14
2.3.5	Técnica de muestreo y análisis óptico .....	15
2.4	RESULTADOS.....	16
2.4.1	DESCRIPCIÓN DE LA COSTRA DEL TYPIC HAPLUSTOLLS DEL CIAT .....	16
2.4.2	DESCRIPCIÓN DE LA COSTRA DE UN VERTIC HAPLUSTOLLS DE EL HATICO .....	22
2.5	CONCLUSIONES.....	26
2.6	LITERATURA CONSULTADA.....	26
3	EFFECTO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA LLUVIA SIMULADA (INTENSIDAD, TAMAÑO DE GOTA, LÁMINA ACUMULADA Y ENERGÍA CINÉTICA), SOBRE LA FORMACIÓN DE SELLOS Y COSTRAS EN TYPIC Y VERTIC HAPLUSTOLLS DEL VALLE DEL CAUCA.....	28
3.1	RESUMEN .....	28
3.2	INTRODUCCIÓN .....	29
3.3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.3.1	Localización .....	29
3.3.2	Suelos y manejos estudiados.....	30
3.3.3	Técnica de muestreo.....	30
3.3.4	Caracterización de las propiedades del suelo .....	30
3.3.5	Simulación de lluvia .....	30
3.3.6	Índice de sellado (IS) y Tiempo a sellado (TS).....	30
3.3.7	Razón de sellado (RS) y tiempo a encharcamiento (TE) .....	32
3.3.8	Resistencia a la Ruptura de la costra (RR) .....	32
3.3.9	Diseño experimental.....	32
3.4	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	33
3.4.1	Caracterización química.....	33

3.4.2	Caracterización física y mineralógica .....	33
3.4.3	Energía cinética para cada intensidad de lluvia simulada .....	34
3.4.4	DISCUSIÓN PARA CADA VARIABLE FIJA: SUELO, MANEJO, GOTA E INTENSIDAD. ....	34
3.4.5	DISCUSIÓN DE LAS INTERACCIONES ENTRE VARIABLE SUELO – MANEJO – GOTA - INTENSIDAD .. .....	38
3.5	CONCLUSIONES.....	42
3.6	LITERATURA CITADA.....	43
4	CONCENTRACIÓN CRÍTICA DE FLOCULACIÓN DE UN VERTIC Y UN TYPIC HAPLUSTOLLS BAJO MANEJO TRADICIONAL Y ALTERNATIVO PARA EL CULTIVO DE CAÑA ( <i>Saccharum officinarum</i> ), RELACIÓN CON EL SELLAMIENTO Y LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.....	46
4.1	RESUMEN .....	46
4.2	INTRODUCCIÓN .....	47
4.3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
4.3.1	Localización .....	47
4.3.2	Técnica de muestreo.....	48
4.3.3	Caracterización física y química inicial .....	48
4.3.4	Determinación de la concentración crítica de floculación (ccc) del suelo.....	48
4.3.5	Determinación de Índice de sellado (IS) y Tiempo de Sellado (TS) .....	49
4.3.6	Análisis de calidad de agua.....	50
4.3.7	Análisis Estadístico y manejo de los datos .....	51
4.4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	51
4.4.1	Caracterización física y química inicial .....	51
4.4.2	ÍNDICE DE SELLADO Y EFECTO DE LAS SALES SOBRE EL SUELO .....	56
4.4.3	Análisis de calidad de agua para riego .....	58
4.5	DISCUSIÓN .....	58
4.6	CONCLUSIONES.....	60
4.7	REFERENCIAS .....	61
5	EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ÁLCALI ORGÁNICO SOBRE LA SUSCEPTIBILIDAD AL SELLAMIENTO Y ENCOSTRAMIENTO DE TYPIC Y VERTIC HAPLUSTOLLS BAJO SISTEMAS DE MANEJO TRADICIONAL Y ALTERNATIVO PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR ( <i>Saccharum officinarum</i> ) EN EL VALLE DEL CAUCA. ....	64
5.1	RESUMEN .....	64
5.2	INTRODUCCIÓN .....	65
5.3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
5.4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	66
5.4.1	CARACTERÍSTICAS INICIALES DE LOS SUELOS .....	66
5.4.2	ANÁLISIS DE PARÁMETROS DETERMINADOS .....	69
5.4.3	EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD AL ENCOSTRAMIENTO DE LOS VERTIC Y TYPIC HAPLUSTOLLS.....	72

5.5	CONCLUSIONES.....	74
5.6	RECOMENDACIONES.....	74
5.7	LITERATURA CITADA.....	75
6	CONCLUSIONES GENERALES .....	76
7	ANEXOS.....	77
7.1	Anexo 1: Cálculo de la energía cinética aplicada con la lluvia simulada, capítulo 2.....	77
7.2	Anexo 2: Información para el capítulo 2.....	79
7.3	Anexo 3: Información para el capítulo 3.....	82
7.4	Anexo 4: Información para el capítulo 4.....	85
7.5	Anexo 5: ANOVAS para el artículo del capítulo 2.....	91
7.6	Anexo 6: ANOVAS para el artículo del capítulo 3.....	96
7.7	Anexo 7: ANOVAS para el artículo del capítulo 4.....	97
7.8	Anexo 8. Descripción de las consociaciones de suelos.....	99

### Lista de tablas

Tabla 2.1 Resumen caracterización química inicial.,	14
Tabla 2.2 Resumen caracterización física inicial., ...	14
Tabla 2.3 Textura y tipo de Arcilla para Typic y Vertic Haplustolls,	15
Tabla 3.1. Resumen caracterización química inicial.,	33
Tabla 3.10. Índice de Sellado ( $\text{mm.h}^{-1}$ ) para la interacción Suelo-Manejo-Intensidad.,	40
Tabla 3.11. Tiempo a Sellado (min) para la interacción Suelo-Manejo-Intensidad.,	40
Tabla 3.12. Índice de Sellado ( $\text{mm.h}^{-1}$ ) para la interacción Suelo-Manejo-Gota-Intensidad.,	41
Tabla 3.13. Tiempo a Sellado ( $\text{mm.h}^{-1}$ ) para la interacción Suelo-Manejo-Gota-Intensidad.,	42
Tabla 3.2. Resumen caracterización física inicial., ..	33
Tabla 3.3. Textura y tipo de Arcilla para Typic y Vertic Haplustolls.,	34
Tabla 3.4. Energía Cinética para cada intensidad de lluvia simulada.,	34
Tabla 3.5. Diferencias significativas en el IS, TS, TE, RR, RS Y DMP para los factores suelo, manejo, gota e intensidad., .....	35
Tabla 3.6. Índice de sellado (IS) [ $\text{mm.h}^{-1}$ ] para la interacción Suelo – Manejo – Gota.,	39
Tabla 3.7. Tiempo a sellado (TS) [min] para la interacción Suelo – Manejo – Gota.,	39
Tabla 3.8. Resistencia a la ruptura (RR) [ $\text{kg.cm}^{-2}$ ] para la interacción Suelo – Manejo – Gota.,	39
Tabla 3.9. Razón de sellado (RS) para la interacción Suelo – Manejo – Gota.,	39
Tabla 4.1. Características de las soluciones estudiadas.,	49
Tabla 4.10. Promedios en los IS y TS para los factores Manejo y Concentración de $\text{CaCl}_2$ .,	55
Tabla 4.11. Promedios y significancias en los TS [min] para la Interacción Suelo- $\text{CaCl}_2$ .,	56
Tabla 4.12. Promedio de algunas características de la Calidad del agua de riego.,	58
Tabla 4.2. Caracterización física inicial de los suelos.,	52
Tabla 4.3. Promedio contenidos de Ar, L, A y MO en % para Vertic y Typic bajo los diferentes manejos.,	52
Tabla 4.4. Estabilidad de agregados en el suelo., ...	52
Tabla 4.5. Contenidos de Cationes y Aniones de los suelos.,	53
Tabla 4.6. Características químicas del suelo., .....	53
Tabla 4.7. Valores de CCC y Transmitancia para cada suelo estudiado.,	54
Tabla 4.8. Promedios de CCC y CEccc en la interacción Suelo-Manejo (promedios en cada columna seguidos por la misma letra no difieren entre sí, según la prueba de rango múltiple de Duncan ( $p \leq 0.05$ )).,	55
Tabla 4.9. Valores de CCC, contenido de Ar (%), MO (%) y pH para los manejos.,	55
Tabla 5.1. Resumen caracterización física inicial de los suelos.,	66
Tabla 5.2. Caracterización física inicial para Vertic Haplustoll y Typic haplustoll bajo los diferentes manejos.,	67
Tabla 5.3. Comparación de los suelos para cada manejo en función de las propiedades físicas.,	67
Tabla 5.4. Estabilidad de agregados en el suelo., ...	68
Tabla 5.5. Resumen caracterización química inicial.,	68
Tabla 5.6. Diferencias significativas en el VI, IS, RR, DMP y IE.,	70
Tabla 5.7. Diferencias significativas en de DaC, DaCD, EspC, EspCD y RR, en los factores principales.,	72



### Lista de figuras

Figura 3.1. Montaje experimental y procedimiento para determinar IS.,	31
Figura 3.2. Comportamiento de un suelo con sello y sin sello.,	32
Figura 4.1. Montaje experimental y procedimiento para determinar IS.,	49
Figura 4.2. Comportamiento de un suelo con sello y sin sello.,	50
Figura 4.3. Curvas de Transmitancia (%) a 450 nm Vs. Concentración de $\text{CaCl}_2$ en solución ( $\text{meq.L}^{-1}$ ) para las muestras de suelo y determinación de CCC.,	54
Figura 4.4. IS en suelos Typic bajo los diferentes manejos con aplicación de agua con concentración 0 $\text{meq L}^{-1}$ de $\text{CaCl}_2$ , .....	57
Figura 4.5. IS en suelos Typic bajo los diferentes manejos con aplicación de agua con concentración 17 $\text{meq L}^{-1}$ de $\text{CaCl}_2$ , .....	57
Figura 4.6. IS en suelos Typic bajo los diferentes manejos con aplicación de agua con concentración 6 $\text{meq L}^{-1}$ de $\text{CaCl}_2$ , .....	57
Figura 4.7. IS en suelos Vertic bajo los diferentes manejos con aplicación de agua con concentración 0 $\text{meq L}^{-1}$ de $\text{CaCl}_2$ , .....	57
Figura 4.8. IS en suelos Vertic bajo los diferentes manejos con aplicación de agua con concentración 6 $\text{meq L}^{-1}$ de $\text{CaCl}_2$ , .....	57
Figura 4.9. IS en suelos Vertic bajo los diferentes manejos con aplicación de agua con concentración 17 $\text{meq L}^{-1}$ de $\text{CaCl}_2$ , .....	57
Figura 5.1. Velocidad de infiltración en suelos bajo manejo tradicional, alternativo y bosque.,	73

### Lista de cuadros

Cuadro 2.1 Características de los poros que presenta la costra.,	17
Cuadro 2.2 Componentes minerales gruesos ( $> 20\mu\text{m}$ ).,	18
Cuadro 2.3 Características de los poros que presenta la costra.,	23
Cuadro 2.4 Componentes minerales gruesos ( $> 10\mu\text{m}$ ).,	23

### Lista de fotografías

Fotografía 1.4 Costra de un Typic Haplustolls bajo luz polarizada cruzada.,	16
Fotografía 2.1 Muestreo para micromorfología., ...	15
Fotografía 2.10 Microestructura del perfil de la costra de un Typic Haplustolls.,	23
Fotografía 2.11 Superficie de la costra de un Vertic Haplustolls, obtenido con SEM. El suelo presenta mayor agregación superficial., .....	24
Fotografía 2.12 Microperfil de la costra de un Vertic Haplustolls, obtenido con SEM.,	25
Fotografía 2.2 Costra desecada., .....	15
Fotografía 2.3 Costra de un Typic Haplustolls bajo luz polarizada plana.,	16
Fotografía 2.5 Microestructura del perfil de la costra de un Typic Haplustolls.,	17
Fotografía 2.6 Superficie de la costra de un Typic Haplustolls, obtenido con SEM. Minerales finos depositados en superficie sellando los poros., .....	19
Fotografía 2.7 Microperfil de la costra de un Typic Haplustolls, obtenido con SEM.,	20
Fotografía 2.8 Costra de un Vertic Haplustolls bajo luz polarizada plana.,	22
Fotografía 2.9 Costra de un Vertic Haplustolls bajo luz polarizada cruzada.,	22
Fotografía 5.1. Formación de costras en la superficie del suelo.,	71

## 1 INTRODUCCIÓN

Se estudió la susceptibilidad al sellado y encostrado de los Typic y Vertic Haplustolls bajo el impacto de gotas de lluvias simulada. Se comparó tres tratamientos principales a saber: la variación de las características de la lluvia (tamaño de gota e intensidad de la lluvia), la variación de la concentración de electrolitos del agua aplicada como lluvia simulada, y la aplicación de álcali orgánico.

El estudio se centró en el uso de parámetros de estabilidad de agregados con el fin de definir el grado de susceptibilidad de los Typic y Vertic Haplustolls a la formación de sellos y costras. Los principales parámetros usados en el estudio fueron el índice de sellado (IS) y el diámetro medio ponderado (DMP) obtenido bajo tres pretratamientos a saber: el humedecimiento lento (HL), el humedecimiento rápido (HR) y el estrés mecánico (EM), con el fin de definir el grado de susceptibilidad a la formación de sellos y definir cual estrés por humedecimiento es el que causa el sellado y encostrado de suelos. Paralelo a estos, se usó el tiempo sellado (TS) y tiempo encharcado (TE) como otros parámetros para definir la susceptibilidad al sellado y encostrado del suelo. Como herramienta de comprobación directa sobre la microestructura del sello y de la costra, se usó la micromorfología y la técnica de microscopía electrónica de barrido, que permitió confirmar el efecto de los tratamientos principales sobre la microestructura del suelo, y así mismo caracterizar las costras desarrolladas tanto en condiciones de laboratorio como en el campo, y comparar sus “similitudes”.

El estudio se realizó con muestras de Typic y Vertic Haplustolls obtenidas de la Hacienda Reserva Natural El Hatico (El Cerrito, Valle) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT- Palmira, donde el manejo del cultivo de la caña de azúcar, se caracterizan realizarse con sistemas de manejo alternativo (Agrosostenible) y Tradicional, respectivamente. Además de tener los mismos suelos bajo bosque, que para nuestro caso fue el testigo.

El estudio responde a la necesidad de tener claridad sobre la susceptibilidad de los Molisoles a la formación de sellos y costras, dado que estos son considerados suelos de condiciones físicas excelentes, que difícilmente podrían presentar formación de sellos y costras. Estos fenómenos superficiales de sellado y encostrado, podrían limitar y disminuir la capacidad productiva de estos suelos, a través de detrimento de propiedades como la infiltración y la resistencia a la emergencia de las plantas, y así mismo, acelerar de la erosión laminar a través de la escorrentía favorecida que es favorecida por el sellado del suelo.

Las investigaciones desarrolladas dentro de esta tesis de doctorado, se presentan como el compendio de 4 artículos científicos, a saber:

1. Análisis micromorfológico de costras, para definir los procesos que originan y los que se desarrollan durante la formación de sellos y costras en Typic y Vertic Haplustolls.
2. Efecto de las características de la lluvia simulada (intensidad, tamaño de gota, lámina acumulada y energía cinética), sobre la formación de sellos y costras en Typic y Vertic Haplustolls del Valle del Cauca.
3. Concentración crítica de floculación de un Vertic y un Typic Haplustolls bajo manejo tradicional y alternativo para el cultivo de caña (*Saccharum Officinarum*), relación con el sellamiento y la calidad del agua de riego.
4. Efecto de la aplicación de álcali orgánico sobre la susceptibilidad al sellamiento y encostramiento de Typic y Vertic Haplustolls bajo sistemas de manejo tradicional y alternativo para el cultivo de caña de azúcar (*saccharum officinarum*) en el Valle del Cauca.

## 2 ANÁLISIS MICROMORFOLÓGICO DE COSTRAS, PARA DEFINIR LOS PROCESOS QUE ORIGINAN Y LOS QUE SE DESARROLLAN DURANTE LA FORMACIÓN DE SELLOS Y COSTRAS EN TYPIC Y VERTIC HAPLUSTOLLS.

Sandro Nolan Ipaz Cuastumal

### 2.1 RESUMEN

La caracterización microscópica usando las técnicas de micro-morfología y microscopia electrónica de barrido SEM, permitió obtener una mejor comprensión de los procesos involucrados en la formación de los sellos y costras, por acción de las gotas de lluvia, y el colapso estructural. El Typic Haplustoll franco fino mezclado activo isohipertérmico desarrolló una costra sedimentaria, la que se confirmó con imágenes de SEM. El predominio de limos y arena fina, partículas con propiedades de flotabilidad migran en suspensión, rellenan los poros, se depositan en superficie, forman varios microhorizontes e incluido el sello, donde la distribución relacionada es Porfírica. La nueva configuración estructural del suelo al desecarse genera la costra, con sus microhorizontes de sedimentación, y de mayor resistencia a la penetración. El Vertic Haplustoll franco fino mezclado superactivo isohipertérmico desarrolló una costra estructural, la que se verificó a través de imágenes de SEM, por presentar disminución en la porosidad solo en la superficie (Taboada, 1998), y de formación in situ, sin migración de materiales hacia el sitio donde se desarrolló la costra. En las imágenes se evidencia el patrón de distribución relacionada Mónica que genera la porosidad necesaria para mantener velocidades de infiltración mayores que en las costras sedimentarias. Así mismo, el tipo de contacto ente las partículas o microagregados (puntual), genera costras de menor resistencia a la penetración que en las costras sedimentarias. En general, la resistencia de la costra se relaciona con el grado de acomodación de las partículas o microagregados del suelo y del tipo de distribución relacionada que formen, aunado a las fuerzas de cohesión que se generan cuando el suelo se seca.

*Palabras claves:* micro-morfología de costras, micro-horizontes de la costra, micromorfología de sellos, microhorizontes de sellos, Typic Haplustolls, Vertic Haplustolls.

### ABSTRACT

The microscopic characterization techniques using micro-morphology and scanning electron microscopy SEM, allowed to obtain a better understanding of the processes involved in the formation of seals and crusts by the action of raindrops, and the structural collapse. The Typic Haplustoll loamy fine mixed active isohyperthermic developed a sedimentary crust, which was confirmed by SEM images. The predominance of silt and fine sand, flotation properties of particles in suspension migrate, filling the pores, are deposited on the surface, forming several micro layers and including the seal, where is porphyric related distribution. The new structural configuration of the soil to dry out the crust generates with its micro sedimentation layers, and increased resistance to penetration. The Vertic Haplustoll loamy fine mixed superactive isohyperthermic developed a structural crust, which was verified by SEM images, that showed decreased only on the surface porosity (Taboada, 1998) and on-site training, no migration of materials into the site developed a crust. The images evidence Monic related distribution pattern generated by the porosity responsible for maintaining infiltration rates greater than sedimentary crusts. Also, the type of contact being particles or microaggregates (edge-edge or point-point), generates crust penetration resistance lower than those presented by sedimentary crusts. In general, the resistance of the crust is related to the degree of accommodation of the particles or microaggregates of soil and the type of distribution related to form, together with the cohesive forces that are generated when the soil dries.

*Keywords:* crust micromorphology, crust micro layers, seal micromorphology, seal micro layers, Typic Haplustoll, Vertic Haplustoll.

### 3 EFECTO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA LLUVIA SIMULADA (INTENSIDAD, TAMAÑO DE GOTA, LÁMINA ACUMULADA Y ENERGÍA CINÉTICA), SOBRE LA FORMACIÓN DE SELLOS Y COSTRAS EN TYPIC Y VERTIC HAPLUSTOLLS DEL VALLE DEL CAUCA.

Sandro Nolan Ipaz Cuastumal

#### 3.1 RESUMEN

Se evaluó el efecto de la intensidad, el tamaño de gota y la lámina acumulada de lluvia simulada, sobre la formación de sellos y costras en Typic y Vertic Haplustolls bajo tres manejos (Tradicional, Alternativo y Bosque) en el Valle del Cauca. Muestras disturbadas de suelo superficial se sometieron a lluvias simuladas con gotas de 2.3 y 3.4 mm de diámetro y con intensidades de 50, 75, 100 y 125 mm/h. Se determinó la conductividad hidráulica saturada del sello superficial, el tiempo a sellado, el tiempo a encharcamiento, la razón de sellado, la resistencia a la ruptura de las costras formadas y la distribución del tamaño de los agregados estables en el agua después de la simulación. De los resultados se concluyó que el manejo Alternativo conserva las propiedades físicas de la superficie del suelo, si se compara con los suelos bajo bosque natural, mientras el manejo Tradicional mostró un efecto negativo sobre la estabilidad estructural de suelo. Además, el incremento en la frecuencia de goteo, resultado de aumentar la intensidad de lluvia simulada y/o disminuir el diámetro de gota, ocasionó una humectación rápida y con esto la ruptura de los agregados (Slaking), haciendo que la capacidad de infiltración disminuyera rápidamente, por efecto del sellado superficial.

*Palabras claves:* características de la lluvia, sellado, encostrado, índice de sellado, conductividad hidráulica, estabilidad estructural del suelo.

#### ABSTRACT

We evaluated the effect of intensity, droplet size and the cumulated rain of simulated rainfall on the formation of seals and crusts on Typic and Vertic Haplustolls under three management (traditional, alternative and forest) in Cauca Valley. Disturbed surface soil samples were subjected to simulated rain with drops of 2.3 and 3.4 mm of diameter and with intensities of 50, 75, 100 and 125 mm.h<sup>-1</sup>. We determined the saturated hydraulic conductivity of surface seal, the sealing time, the time to ponding, the ratio of sealing, rupture resistance of the crust formed and the size distribution of water stable aggregates after simulation. From the results it was concluded that alternative management retains the physical properties of the soil surface when compared with soils under natural forest, while traditional management showed a negative effect on soil structural stability. Moreover, the increase in the dripping frequency, resulting from increasing the intensity of simulated rain and/or decrease the drop diameter, caused a rapid wetting and thus the breakdown of aggregates (slaking), causing decreased infiltration capacity quickly, the effect of surface sealing.

*Keywords:* Rain characteristics, soil sealing, soil crusting, hydraulic conductivity, soil structural stability.

#### 4 CONCENTRACIÓN CRÍTICA DE FLOCULACIÓN DE UN VERTIC Y UN TYPIC HAPLUSTOLLS BAJO MANEJO TRADICIONAL Y ALTERNATIVO PARA EL CULTIVO DE CAÑA (*Saccharum officinarum*), RELACIÓN CON EL SELLAMIENTO Y LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

Sandro Nolan Ipaz Cuastumal

##### 4.1 RESUMEN

El sellamiento superficial es un problema de degradación física de los suelos que limitan la productividad agrícola, pues dificulta la emergencia de las plantas, lo que pone en peligro la seguridad alimentaria alrededor del mundo. Este trabajo fue realizado en dos áreas geográficas del Valle del Cauca, las cuales representan el manejo tradicional y alternativo del cultivo de caña, donde se utilizaron muestras superficiales de dos tipos de suelo Typic y Vertic Haplustolls, los cuales fueron caracterizados física y químicamente. Se determinó la Concentración Crítica de Floculación del suelo (CCC), se determinó la conductividad hidráulica saturada del sello superficial y el tiempo de sellado. Los valores de CCC determinados en los suelos se correlacionaron con las conductividades eléctricas de las aguas utilizadas para riegos en las zonas de estudio para determinar el efecto que ejercen sobre la formación de sellos en la superficie del suelo. Se encontró que la aplicación de aguas salinas de  $\text{CaCl}_2$  cercanas a los valores de floculación ejercen un efecto positivo en la agregación del suelo, disminuyendo la susceptibilidad al sellamiento superficial. Además el manejo Alternativo propende por el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo superficial, mientras el manejo tradicional mostró un efecto negativo sobre la estabilidad estructural del suelo.

**Palabras Claves:** sellamiento, Concentración Crítica de Floculación, conductividad hidráulica, tipos de suelo, manejo del suelo, estabilidad estructural del suelo.

##### ABSTRACT

The sealing surface is a problem of physical degradation of soils that limit agricultural productivity, as it makes difficult plant emergence, which endangers the safety food around the world. This work was conducted in two areas geographical Valle del Cauca, which represent management traditional and alternative cultivation of Sugarcane, which were used surface samples from two soil types Typic and Vertic Haplustolls, which were characterized by physical and chemical. Was determined flocculation critical concentration (CCC) of soil, were determined saturated hydraulic conductivity of surface seal and time sealed. CCC values determined in soils correlated with the electrical conductivity of water used for irrigation the study areas to determine their effect on the sealing phenomenon on the ground. The application of saline  $\text{CaCl}_2$  near flocculation values exert a positive effect on soil aggregation, decreasing the susceptibility to sealing superficial. Alternative management also aims for improvement the physical properties of surface soil, while management traditional showed a negative effect on the structural stability soil.

**Keywords:** sealing, Critical Flocculation Concentration, hydraulic conductivity, soil types, soil management, soil structural stability.

## 5 EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ÁLCALI ORGÁNICO SOBRE LA SUSCEPTIBILIDAD AL SELLAMIENTO Y ENCOSTRAMIENTO DE TYPIC Y VERTIC HAPLUSTOLLS BAJO SISTEMAS DE MANEJO TRADICIONAL Y ALTERNATIVO PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN EL VALLE DEL CAUCA.

Sandro Nolan Ipaz Cuastumal

### 5.1 RESUMEN

Se evaluó el efecto de la aplicación de álcali orgánico (0, 50, 100 y 150  $\text{lt.h}^{-1}$ ) sobre la susceptibilidad al sellamiento y encostramiento de Typic y Vertic Haplustolls bajo dos manejos del cultivo de caña de azúcar (Tradicional, Alternativo) y bajo Bosque. Los agregados tamizados entre 1 y 4 mm se consolidaron con tres ciclos de humedecimiento-secado, y se expusieron a 4 eventos de lluvia simulada con intensidad de 90  $\text{mm.h}^{-1}$ , gotas de 3.4 mm de diámetro, y 14 min duración, para una lluvia acumulada de 80 mm. Se determinó la velocidad de infiltración (VI), el índice de sellado (IS), la densidad aparente de la costra (DaC) y de la capa disgregada (DaCD), el espesor de la costra (EspC) y de la capa disgregada (EspCD), la resistencia a la ruptura (RR), la distribución del tamaño de los agregados estables en el agua (DMP) y el índice de estabilidad (IE). De los resultados se evidenció que la dosis óptima para los suelos trabajados en esta investigación fue de 50  $\text{lt.ha}^{-1}$ , los suelos de mayor susceptibilidad a la formación de sellos y costras fueron los suelos bajo manejo tradicional (MT) y los altos contenidos de materia orgánica (MO) en los suelos bajo manejo alternativo (MA) y bosque (MB) mejoraron las propiedades hidrológicas del suelo, disminuyendo los efectos negativos del magnesio.

Palabras clave: sellamiento, encostramiento, álcali orgánico, degradación del suelo, suelos.

### ABSTRACT

This research project studies the effect of organic **alkali** on the susceptibility of typic and vertic haplustolls to seal and crust formation. To this end, the effect of the traditional and alternative management methods is compared, considering soil samples consolidated on darning trays and subject to four different doses (0, 50, 100 and 150  $\text{lt.h}^{-1}$ ) of organic **alkali** (humus soil) and four sessions of simulated rain with an intensity of 90  $\text{mm/h}$  over 14 minutes for an overall 80 mm of accumulated rain. The parameters measured were the infiltration velocity (vi), sealing index (is), the apparent density of the crust and disaggregated layer (dac, dacd), the resistance to rupture (rr), the thickness of the crust and the disaggregated layer, the size distribution of the aggregates stable in water (dmp) and the stability index (ie). The results showed that the optimal dose for the soil types analysed in this research is 50  $\text{lt.ha}^{-1}$ ; furthermore, the soils under traditional sowing method were more susceptible to the formation of seals and crust, while the high content of organic matter (mo) in the soils under alternative management (ma) and forest (mb) improved the physical properties of the soil, mitigating the negative effects of magnesium.

Key Words: seal formation, crust formation, organic alkali, soil degradation, soil management.